



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad
sobre la calidad seminal en carneros”

TESIS

Que para obtener el Título de

Médica Veterinaria Zootecnista

Presenta:

JOCELYN AMAYRANI PAREDES CRUZ

ASESORES:

Dr. en B.C.A. JORGE OSORIO AVALOS

M. en C. ARTURO VÍCTOR GÓMEZ GONZÁLEZ



Toluca, Estado de México, junio de 2019

RESUMEN

“Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros”

Paredes CJA, Osorio AJ y Gómez GAV.

El objetivo del presente estudio fue medir los efectos de la época del año y las variables climatológicas de temperatura, humedad y su índice sobre la calidad seminal (volumen, motilidad masal e individual, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática). Se utilizaron 10 carneros de las razas Dorper (n=2), Dorset (n=2), Katahdin (n=2), Hampshire (n=2) y Suffolk (n=2), albergados en el Centro de Mejoramiento Genético Ovino de la UAEM. Las muestras de semen se obtuvieron a través de vagina artificial por un periodo de 52 semanas con un total de 781 muestras (primavera n=207, verano n=230, otoño n=176 e invierno n=168), que fueron evaluadas en el Laboratorio de Procesamiento de Semen, registrando a su vez la temperatura ambiental, la humedad relativa y calculando el índice temperatura-humedad (ITH). Se realizó una estadística descriptiva, así como la estadística de prueba con un Análisis de Varianza; mientras que para la comparación de medias entre los efectos se utilizó la prueba de Tukey. Los resultados indicaron que en las variables evaluadas de la calidad seminal, los efectos de temperatura, humedad e ITH con respecto a la época del año no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$). La variable de la temperatura solo tuvo efecto significativo para la motilidad masal ($P<0.05$); mientras que la humedad tuvo efecto significativo solo para el porcentaje de espermatozoides vivos ($P<0.05$). Para el caso del índice temperatura-humedad (ITH), no se encontraron efectos significativos sobre todas las características de calidad seminal en el carnero ($P>0.05$). Con respecto a la época del año, los resultados indicaron que existieron diferencias estadísticamente significativas para todas las variables evaluadas en este estudio ($P<0.05$). En las diferentes razas estudiadas se observó que las épocas de verano y primavera se registraron los mejores valores en la calidad seminal, siendo contrario en otoño e invierno, mientras que el factor estacionalidad en aspectos climatológicos no tuvo un efecto claro que afectara la calidad de semen en diferentes épocas del año.

Palabras clave: calidad seminal, temperatura, humedad, ITH, época del año.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA..... | 4 |
| 2.1 Anatomía y Fisiología testicular..... | 4 |
| 2.2 Semen del carnero. | 5 |
| 2.2.1 Características macroscópicas..... | 5 |
| 2.2.2 Características microscópicas..... | 6 |
| 2.3 Factores que afectan la calidad seminal..... | 7 |
| 2.3.1 Temperatura..... | 9 |
| 2.3.2 Humedad. | 9 |
| 2.3.3 Índice temperatura-humedad..... | 10 |
| 3. JUSTIFICACIÓN..... | 11 |
| 4. HIPÓTESIS | 12 |
| 5. OBJETIVO GENERAL..... | 13 |
| 6. MATERIAL..... | 14 |
| 7. MÉTODO..... | 16 |
| 8. LÍMITE DE ESPACIO..... | 20 |
| 9. LÍMITE DE TIEMPO | 21 |
| 10. RESULTADOS..... | 22 |
| 10.1 Efecto de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad (ITH) | 23 |
| 10.2 Efecto época del año | 24 |
| 10.3 Efecto temperatura..... | 25 |
| 10.4 Efecto humedad..... | 26 |
| 10.5 Efecto índice temperatura-humedad (ITH)..... | 27 |
| 11. DISCUSIÓN..... | 29 |
| 12. CONCLUSIONES | 33 |
| 13. SUGERENCIAS | 34 |
| 14. LITERATURA CITADA. | 35 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1. Órgano reproductor del macho | 4 |
| Figura 2. Escala de motilidad masal | 6 |
| Figura 3. Fotoperiodo del carnero | 8 |
| Figura 4. Hembra maniquí instalada en el potro y macho previamente aseado. | 17 |
| Figura 5. Operario desviando el pene del carnero para la recolección de semen en la vagina artificial..... | 18 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Estadística descriptiva (media, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV)) de la temperatura (°C), humedad (%) e índice temperatura-humedad (ITH) de acuerdo con la época del año..... | 22 |
| Cuadro 2. Estadística descriptiva global de la calidad seminal (volumen eyaculado, motilidad masal, motilidad individual, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática en carneros). | 23 |
| Cuadro 3. Efecto de la época del año sobre la calidad seminal en los carneros..... | 24 |
| Cuadro 4. Efecto de la temperatura sobre la calidad seminal en los carneros. | 25 |
| Cuadro 5. Efecto de la humedad sobre la calidad de semen de ovino. | 26 |
| Cuadro 6. Efecto del índice temperatura-humedad (ITH) sobre a la calidad seminal en el carnero. | 27 |

1. INTRODUCCIÓN

Los factores ambientales influyen notablemente en la productividad de los animales de granja. En la actualidad puede existir una mayor susceptibilidad del ganado a los efectos negativos de altas o bajas temperaturas, fundamentalmente en aquellas actividades con mayor productividad y una crianza intensiva, este hecho es particularmente cierto en avicultura o ganado porcino y también referido con frecuencia en ganado bovino lechero (Vega *et al.*, 2007). Actualmente los estudios son escasos con respecto al ganado ovino, debido a la gran diversidad de razas en función de la notable adaptación de la especie a diferentes condiciones climáticas y de disponibilidad de recursos, esto dificulta diseñar ensayos y extrapolar resultados.

En todos los mamíferos es posible definir una zona de bienestar térmico. La temperatura de “confort” en los ovinos es cuando no experimenta sensación de frío ni de calor y se realiza a través de mecanismos físicos, sin gasto de energía. Posteriormente, si la temperatura ambiental aumenta o disminuye por debajo de ciertos valores, estos mecanismos no son suficientes, pierde el estado de confort y recurre a otros mecanismos que implican gasto energético (Folch, 2000).

De esta forma, existen distintas aproximaciones para evaluar el estrés térmico. Una de las más simples y efectivas es utilizar fórmulas que relacionan temperatura y humedad (índice). Teniendo en cuenta que una excesiva humedad es claramente perjudicial para los animales cuando se asocia tanto a temperaturas altas, puesto que dificulta la pérdida de calor por evaporación, como a temperaturas bajas, ocasionando condensaciones, mayor incidencia de procesos infecciosos, entre otros (Vega *et al.*, 2007).

La libido es una de las primeras características en la reproducción que es afectada por las altas temperaturas en el carnero. Se ha referido que en los verracos, toros y carneros, las altas temperaturas afectan también la calidad del semen (Folch, 2000).

La producción de semen de carnero se encuentra influenciada por diversos factores como la raza, edad, medio ambiente (duración de la luz de día, temperatura y humedad) y el manejo, lo que da grandes variaciones en las características del semen (Karagiannidis *et al.*, 2000).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

La actividad reproductiva del carnero parece estar influenciada por ciertas razas y regiones dentro de un país e inclusive de una región, también por la estación del año, siendo el fotoperiodo la señal ambiental clave que sincroniza el ciclo reproductivo en los ovinos (Kafi *et al.*, 2004). Es conocido ampliamente en estudios previos, los cuales han demostrado que la fisiología de la reproducción está influenciada por las horas luz/día. En un estudio realizado con carneros demostraron que la baja calidad del semen está asociada con altas temperaturas durante el verano (Rivera y Cardozo, 1969).

Cuando la temperatura del semen es aproximadamente igual a la temperatura normal del cuerpo del ovino (39-40°C), es indicativo de que existe una mayor tasa metabólica, disminuyendo la vida del espermatozoide (Macaldowie *et al.*, 2004). Temperaturas superiores a los 40°C aseguran la muerte del espermatozoide. Caso contrario es la exposición al frío, el cual disminuye el metabolismo y en temperaturas por debajo de 10°C se produce una pérdida irreversible de la viabilidad y la motilidad no se recupera, este fenómeno se conoce como *shock por frío* (Meléndez, 2014).

Así mismo, se ha estudiado que la alta humedad hace más difícil el control de la temperatura corporal mediante evaporación a través del tracto respiratorio. Una alta humedad junto con una alta temperatura incrementa la tasa respiratoria, la cual está en función del aumento de la humedad y del aumento de la temperatura corporal interna (Bligh, 1963).

La producción de semen parece verse afectada por temperaturas elevadas, de manera que es necesario que la temperatura testicular esté por debajo de la temperatura corporal (4 a 6°C) para la producción óptima de semen (Hafez y Hafez, 2002). No obstante, no es fácil estudiar la incidencia de la temperatura sobre la producción y calidad espermática, sobre todo en la especie ovina en la que, además del calor, el fotoperiodo juega un papel muy importante en la eficiencia reproductiva, de manera que es difícil disociar ambos factores (Vega *et al.*, 2007).

Por ello en este trabajo se pretende realizar un estudio a través del análisis de los indicadores de la calidad seminal (volumen de eyaculado, motilidad masal e individual, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática)

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

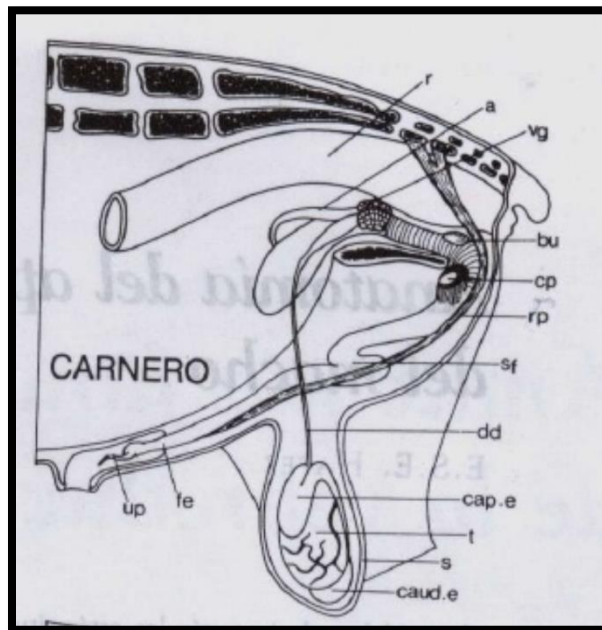
observando sus efectos, relacionándolos al registro de la temperatura, humedad y su índice en carneros de diferentes razas y en diferentes épocas del año.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Anatomía y Fisiología testicular.

El testículo es una glándula seminal y el órgano reproductor esencial del macho (Sánchez *et al.*, 2014). Son órganos elipsoides sólidos, cuyo volumen no guarda una porción fija con el tamaño del cuerpo (Dyce, 2012), en carneros de razas de lana se recomienda que tengan poco más de 33 cm de perímetro y en las razas de pelo 30 cm (UNO, 2008). Originalmente, al igual que el ovario, se desarrolla en ambos lados de la región lumbar media al riñón embrionario, desde esa ubicación intraabdominal, el testículo se desplaza hasta las bolsas escrotales situadas en el exterior de la cavidad abdominal, permaneciendo colgados en las bolsas testiculares (König y Liebich, 2008).

Figura 1. Órgano reproductor del macho



Fuente: Hafez y Hafez, 2002: 4.

En la figura 1 se presenta el órgano reproductor del macho (carnero), el cual incluye un par de gónadas, “testículos” (t), que poseen una doble función: la producción de espermatozoides y de la hormona sexual masculina “testosterona” (Caravaca *et al.*,

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

2003); dos sistemas de ductos gonadales, cada uno formado por un epidídimo (cap. e, caud. e) y un ducto deferente (dd), los cuales transportan los productos exocrinos de los testículos a la uretra (bu), una serie de glándulas accesorias (vg), que forman gran parte del líquido seminal; la uretra masculina (up), que se extiende de la vejiga hasta el extremo libre del pene (fe) y sirve para el paso tanto de la orina como del semen (Dyce *et al.*, 2012) .

2.2 Semen del carnero.

La colecta del semen de ganado ovino ayuda a determinar problemas relacionados con el desempeño reproductivo de estos animales. Se han utilizado diferentes pruebas de laboratorio (parámetros) para evaluar la calidad seminal de estos y poder realizar predicciones indirectas del potencial reproductivo de los carneros (Córdova *et al.*, 2006).

Dichos parámetros suelen ser de carácter macroscópico (color, aspecto, volumen, pH), ya que pueden ser evaluados a simple vista de la muestra seminal; y microscópicos (motilidad masal, motilidad individual, concentración espermática, morfología espermática, anormalidades, etc.) que deben de ser evaluados utilizando un microscopio (Aisen, 2004).

2.2.1 Características macroscópicas.

Color del semen: Debe de ser blanco – lechoso o cremoso - pálido, el color rojizo indica presencia de sangre, así como colores grises o marrones indican contaminación o infección (Gibbons *et al.*, 2004).

Aspecto: Este depende de la relación de dos constituyentes: la concentración de espermatozoides y la calidad del plasma seminal. Las muestras de alta consistencia contienen más espermatozoides que las muestras más acuosas (Cueto *et al.*, 2016).

Volumen: Este varía según la edad, tamaño, condición corporal del animal, frecuencia de colección y destreza del operador (Cueto *et al.*, 2016). El volumen puede ser considerado normal cuando sus rangos van de 0.5 a 2.0 mL (Pérez y Pérez, 1985).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

pH: En ovinos, el pH tiende a la acidosis, fenómeno importante, ya que en él radica su capacidad fecundante. La reacción alcalina es característica de una escasa fertilidad y muchas veces va acompañada de disminución en concentración espermática y motilidad. En el carnero y macho cabrío, los valores de pH oscilan entre 6.2 – 7.3 (Pérez y Pérez, 1985)

2.2.2 Características microscópicas.

Motilidad masal: Esta es estimada por el vigor del movimiento y se puede tener una idea de la calidad seminal por la velocidad con la que hacen y deshacen ondas (motilidad masal). Este se valora por el movimiento de las ondas en una escala subjetiva entre 0 a 5 (0, mínimo; 5, máximo) (Cueto *et al.*, 2016).

La onda de movimiento solo puede ser observada en especies de alta concentración espermática, como es el caso de pequeños rumiantes (Evans y Maxwell, 1987).

Figura 2. Escala de motilidad masal

| Grado | Clave | Descripción |
|-------|-----------|--|
| 5 | Muy Bueno | Denso, con ondas, moviéndose rápidamente, no pueden observarse espermatozoides individuales, 90%o más de los espermatozoides son activos. |
| 4 | Bueno | Movimiento vigoroso, pero las ondas y los remolinos no muy rápidos como para grado 5, alrededor de 70 a 85%de espermatozoides son activos. |
| 3 | Regular | Solamente pequeño, bajo movimiento de ondas , espermatozoides individuales pueden ser observados 45 a 65% de células espermáticas activas. |
| 2 | Pobre | No se forman ondas pero algún movimiento de espermatozoides es observado, solo 20 a 40%de los espermatozoides esta, vivos y su motilidad es pobre. |
| 1 | Muy pobre | Muy pocos espermatozoides (alrededor del 10%) muestran algún signo de vida, con movimiento estacionario. |
| 0 | Muertos | Todos los espermatozoides no se mueven |

Fuente: Escala de 0 a 5 de Evans y Maxwell, 1987.

Motilidad individual: Es la observación del porcentaje de las células con movimiento progresivo, da información de la integridad de la membrana de los espermatozoides (Tribulo *et al.*, 2017)

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

Es una de las pruebas que se utiliza con mayor frecuencia para evaluar la calidad del semen diluido. Esta prueba se tiene que evaluar tan pronto como sea posible debido a la influencia que tienen las variaciones de temperatura sobre la motilidad espermática (WHO, 1992).

Concentración espermática: está definida como el número de espermatozoides por unidad de volumen, expresada normalmente en millones por mL de eyaculado (esp/mL). Los diferentes métodos utilizados para su cálculo varían en su función de la rapidez y exactitud (Evans y Maxwell, 1987).

Son varios los métodos que permiten la determinación de la concentración espermática, entre ellos se menciona el recuento en cámara de Neubauer o por fotocolorímetro. Ambos son precisos, si bien el fotómetro permite un recuento más rápido en comparación con la cámara de Neubauer, su costo es más elevado (Cueto *et al.*, 2016).

Morfología espermática: Se refiere al estudio de la forma del espermatozoide y permite determinar las posibilidades que tiene una célula espermática para fertilizar (Madrid y Bohada, 1993).

Anormalidades: Existen algunos tipos concretos de defectos morfológicos que se han asociado con fertilidad reducida como espermatozoides con vacuolas nucleares, anomalías de cabeza, núcleos anormales, espermatozoides decapitados, colas dobladas o enrolladas etc. (Caravaca *et al.*, 2003).

El estudio de la morfología espermática es muy importante para establecer porcentajes de espermatozoides normales y poder clasificar las anomalías, con esto se considera tolerable hasta un 30% de anomalías (Tribulo *et al.*, 2017).

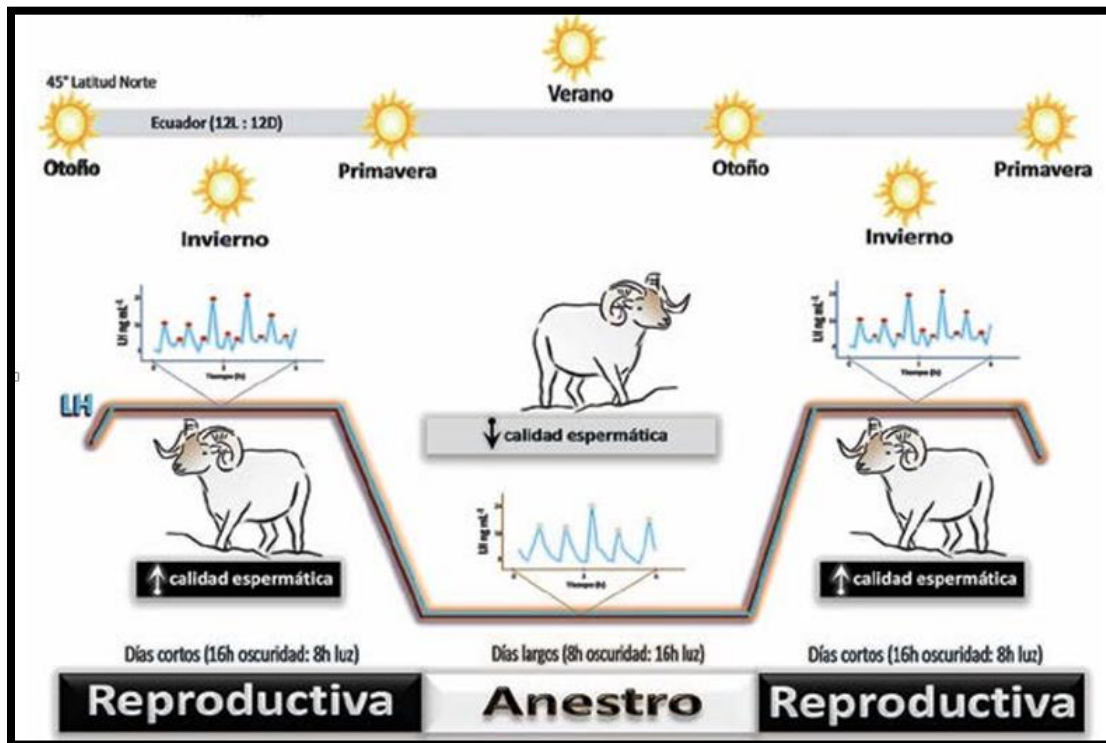
2.3 Factores que afectan la calidad seminal.

La producción y las características del semen producido durante el periodo reproductivo pueden presentar importantes variaciones en cuanto a su calidad y cantidad, por eso es importante establecer periodos de encaste que coincidan con la etapa de mayor producción de semen y agresividad reproductiva del carnero (Fuentes, 2013).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

La reproducción en los ovinos está controlada por las horas luz (fotoperiodo), las cuales provocan en los machos, variaciones en la reproducción espermática a través del tiempo, por esta razón las razas de ovinos que habitan en regiones templadas (superior a 35°) presentan alta calidad en la producción espermática durante el otoño – invierno (días cortos) y menor calidad en el periodo de primavera – verano (días largos) (Evans y Maxwell, 1987). Véase Figura 3.

Figura 3. Fotoperiodo del carnero



Fuente: Arellano et al., 2016: 54.

Una de las principales características de reproducción afectadas por las altas temperaturas en el carnero es la libido. Cuando la temperatura ambiente alcanza 37.8°C, la temperatura rectal de los carneros alcanza o excede los 40°C, provocando una disminución del número de eyaculados (Chemineau, 1992).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

En los carneros, las altas temperaturas afectan la calidad del semen. La duración y la intensidad de la exposición del estrés térmico determinan el retorno a una calidad normal del semen que toma de 40 a 60 días (Ortavant y Loir, 1978).

2.3.1 Temperatura.

Muchas de las razas en los animales domésticos se han adaptado a ambientes por medio de la selección natural. La adaptabilidad es la capacidad de un animal a sobrevivir y ser productivo bajo cualquier tipo o combinación de ambientes en los que se coloque. Las variantes ambientales más habituales son la temperatura, la humedad, la pluviosidad, intensidad solar, altitud y latitud (Yousef, 1984a). La temperatura, según el Diccionario de la Real Academia Española (Real Academia Española, 2017a), es el estado de calor del cuerpo humano o de los seres vivos, así como la temperatura ordinaria en torno a un cuerpo. La temperatura puede clasificarse como frío, templado, cálido y muy cálido.

Los animales hacen frente a cambios de temperatura ambiental por mecanismos que regulan el calor. Para mantener una zona termo neutral o de confort, esta se puede describir como el rango de temperatura en que la producción y eliminación de calor corporal del animal son reguladas con un mínimo esfuerzo físico, su tasa metabólica es mínima y su termorregulación es básicamente por medios no evaporativos (Yousef, 1984a; Mount, 1974). Cuando la temperatura es menor a la zona termo neutral, se alcanzan temperaturas críticas muy bajas y el animal en reposo tiende a incrementar su calor metabólico para regular su temperatura. Arriba de la zona termo neutral son temperaturas críticas altas para el animal y las pérdidas de calor son por medios evaporativos, indicando el estado de estrés por calor (Yousef, 1984b).

2.3.2 Humedad.

Es el agua que está impregnada en un cuerpo o que vaporizada, se mezcla con el aire. La humedad relativa es una “expresión porcentual de la cantidad de vapor de agua en el aire con respecto a la máxima posible para unas condiciones dadas de

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

presión y temperatura” (Real Academia Española, 2017b). Con respecto al ambiente, puede clasificarse como húmedo, semiárido o árido.

La permanencia en confort térmico es un tanto compleja, ya que dependerá de la dinámica en la temperatura ambiental que ocurre durante el día de acuerdo con la estación del año en una zona geográfica específica (Yousef, 1984b; Mount, 1974; Armstrong, 1994).

Cuando se presentan temperaturas críticas se pierde la zona termo neutral. La constancia de las pérdidas térmicas se debe a la vasodilatación periférica, la evaporación de los líquidos corporales que permite regular las pérdidas térmicas a medida que la tempera exterior aumenta. La principal respuesta será incrementar la evaporación por el tracto respiratorio, porque la alta humedad, sumada al calor, aumentará más la tasa respiratoria, la cual está en función tanto del incremento de la humedad como de la temperatura del cuerpo (Chemineau, 1992).

2.3.3 Índice temperatura-humedad.

Es un cálculo de impacto por estrés calórico. A medida que la humedad relativa aumenta, los efectos de la temperatura ambiente se vuelven más drásticos (Yousef, 1984a). En un principio se desarrolló un índice de temperatura humedad (ITH) para evaluar los efectos negativos producidos por ambos factores ambientales combinados y es factible caracterizar el nivel de estrés calórico (Fuquay, 1981; Armstrong, 1994; Hahn 1999). Existen varios modelos o ecuaciones para estimar el ITH y se han podido analizar variables productivas y fisiológicas que pueden ayudar a predecir los efectos potenciales en la producción de leche, consumo de alimento, temperatura corporal, frecuencia respiratoria, niveles hormonales, entre otros (Bohmanova *et al.*, 2007).

3. JUSTIFICACIÓN

La producción y calidad del semen de carnero se encuentra influenciada por diversos factores como la raza, edad, manejo, duración de la luz de día, factores climatológicos (temperatura y humedad). En México actualmente no se han realizado estudios encaminados a analizar los efectos de la temperatura, humedad relativa y su índice sobre la producción y calidad del semen en carneros, dentro de una región del país donde la ovinocultura se desarrolla de forma importante. Solo se tienen algunos estudios sobre consumo voluntario de los alimentos, pero existen escasos estudios indicando que las variaciones en ambos factores (temperatura y humedad) hacen más difícil el control de la reproducción del carnero, por ello, el presente estudio pretende conocer y referir sobre el efecto del índice temperatura-humedad en las diferentes épocas del año y con diferentes razas ovinas bajo un mismo medio ambiente.

4. HIPÓTESIS

La temperatura, humedad e índice temperatura-humedad afectan la calidad seminal en sus indicadores de volumen de eyaculado, motilidad masal e individual, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática en diferentes razas en carneros.

5. OBJETIVO GENERAL

Medir los efectos de la temperatura, humedad y su índice sobre la calidad seminal en diferentes razas ovinas.

Objetivos específicos

- Medir el efecto de la temperatura, humedad y su índice sobre el volumen de eyaculado.
- Medir el efecto de la temperatura, humedad y su índice sobre la motilidad masal e individual.
- Medir el efecto de la temperatura, humedad y su índice sobre el porcentaje de espermatozoides vivos.
- Medir el efecto de la temperatura, humedad y su índice sobre la concentración espermática.

6. MATERIAL

El presente trabajo corresponde a un estudio retrospectivo. El material utilizado en el presente estudio se divide en tres tipos de materiales:

- MATERIAL BIOLÓGICO.

Se utilizaron 10 carneros de las razas Dorper (n=2), Dorset (n=2), Katahdin (n=2), Hampshire (n=2) y Suffolk (n=2). Los sementales cuentan con registro de pureza racial y con registro genealógico, con una edad promedio de 3.5 años, que se encuentran albergados en el Centro de Mejoramiento Genético Ovino (CeMeGO), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UAEM.

- MATERIAL Y EQUIPO DE LABORATORIO.

Equipo:

- Baño María.
- Espectrofotómetro Mod. Spectronic 20 Genesys.
- Estufa.
- Microscopio objetivos 10x y 40x.
- Vagina artificial.
- Termómetro digital de mínimos y máximos.

Material:

- Cubreobjetos.
- Portaojetos.
- Pipetas Pasteur.
- Pipetas volumétricas.
- Termómetro.
- Tubos colectores.
- Tubos de ensaye.
- Tinción eosina-nigrosina.

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

- MATERIAL DE OFICINA.

El material de oficina utilizado fue:

- Computadora.
- Calculadora.
- Librería.
- Lápiz.

7. MÉTODO

El estudio se realizó en el Laboratorio de Procesamiento de Semen del Centro de Mejoramiento Genético Ovino de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Los carneros se encuentran alojados en corrales individuales y son alimentados dos veces al día con una dieta integral que contiene 14% proteína y 2.9 Mcal Em/Kg M.S. La administración de agua es de libre acceso mediante bebedero automático.

Las muestras de semen fueron obtenidas una vez por semana en un periodo de 52 semanas con un total de 781 muestras (primavera n=207, verano n=230, otoño n=176 e invierno n=168), registrando a su vez la temperatura ambiental, la humedad relativa y con base en estas dos variables se calcularon el índice temperatura-humedad de acuerdo con Mader *et al.* (2002).

$$THI = 0.8 \times Ta + \{HR * (Ta - 14.3)/100\} + 46.3$$

Donde Ta es el promedio de la temperatura ambiental y HR es el promedio de la humedad relativa.

Previo a la extracción y evaluación de semen, el equipo del laboratorio estaba limpio y desinfectado a una temperatura de 37° C; en la estufa se colocó el material de cristalería: cubreobjetos, portaobjetos, pipetas Pasteur, tubos graduados y vaginas artificiales manteniéndose a una temperatura de 37°C. El baño María estaba a una temperatura constante de 32 a 34°C, temperatura recomendada para evitar cambios en la actividad celular y permitiendo un mejor análisis del espermatozoide.

El método de recolección de semen fue por el método de vagina artificial (VA). La VA es una imitación de la vagina de la oveja, proporcionando el estímulo térmico (temperatura) y mecánico (presión). Consiste en un tubo rígido de 20 cm. de longitud y de 5.5 cm. de diámetro, provista de una camisa de látex de 3 a 5 cm. más larga que el tubo con la finalidad que se pueda plegar fácilmente en los extremos y sujetarse con bandas de goma para formar un hueco hermético entre el tubo y la camisa de látex (Evans y Maxwell, 1990; Daza, 1987).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

El tubo rígido tiene una válvula lateral por donde se coloca agua a temperatura de 50 a 55°C, para otorgar la temperatura adecuada al momento de la extracción; posteriormente se insufla con aire proporcionando la presión adecuada. En un extremo se coloca el cono recolector y el tubo graduado que mide el volumen de eyaculado.

Una vez terminado el proceso del armado de la vagina artificial se coloca lubricante (gel no espermicida) en el extremo libre para facilitar la penetración sin irritar el pene del carnero (Daza, 1997; Duran, 2001). La vagina artificial se envuelve con un material aislante (manga de cuero) para conservar constante su temperatura.

Previo a la extracción del semen, se realiza una limpieza en el carnero (lavado y secado del prepucio) para evitar cualquier contaminación sobre la muestra seminal; la hembra maniquí se instala en el potro. El operario en posición de cuclillas se coloca al lado derecho de la hembra. Al momento de la monta se desvía el pene introduciéndolo en la vagina artificial.

Figura 4. Hembra maniquí instalada en el potro y macho previamente aseado.



Figura 5. Operario desviando el pene del carnero para la recolección de semen en la vagina artificial.



Una vez que el carnero ha eyaculado, se agita repetidamente en forma vertical la VA para lograr bajar la mayor cantidad real de semen hacia el tubo colector graduado (Daza, 1997; Hafez y Hafez, 2000).

La muestra de semen fue introducida al laboratorio de procesamiento de semen para su evaluación, registrándose el volumen de eyaculado, motilidad masal e individual, el porcentaje de espermatozoides vivos a través de un frotis con tinción de eosina-nigrosina y la evaluación de la concentración espermática - al igual que Nunes, (2003), se realiza a través de la espectrofotometría, utilizando las siguientes soluciones y material:

- a) Solución salina con formol al 0,1%:
 - 9g NaCl;
 - 999 mL agua destilada;
 - 1 mL de formol al 10%.
- b) Tubos de ensaye para espectrofotómetro.
- c) Micropipetas.
- d) Puntillas

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

La proporción de la dilución de la muestra de semen fue de 50 mL semen puro más 4950 μ L solución salina de formol al 0,1%, para aforarlo a 5 mL. Previo calentamiento del espectrofotómetro (30 minutos), con el blanco que consiste en un tubo testigo de solución salina con formol al 0,1% (5 mL), se realizó su configuración y calibración a 600 nm. Posteriormente se colocó el tubo 4950 μ L de solución salina con formol al 0.1% y 50 μ L de semen puro, homogenizando la muestra. Se retira el blanco para dar lugar a la muestra para tomar lectura de la concentración. La concentración se obtiene mediante la correlación del volumen del eyaculado y el porcentaje de transmitancia de la muestra evaluada.

Para este estudio se utilizó una base de datos que contiene las variables a estudiar dentro del periodo del 21 de marzo de 2017 al 20 de marzo de 2018, por lo que se determina como un estudio retrospectivo. Los datos se registraron y capturaron en una base de datos estructurada en Excel. Se agruparán en 4 épocas del año: primavera (21 de marzo-22 junio), verano (23 de junio-22 de septiembre), otoño (23 de septiembre-22 de diciembre) e invierno (23 de diciembre al 22 de febrero). Se realizará una estadística descriptiva de los efectos a estudiar. El estadístico de prueba correspondió a un Análisis de Varianza (ANDEVA). La comparación de medias entre los efectos de raza, época, temperatura, humedad relativa y su índice se utilizó la prueba de Tukey. Los datos obtenidos fueron analizados a través del paquete estadístico JMP from SAS V8 para Windows.

8. LÍMITE DE ESPACIO

El presente trabajo se realizó en el CeMeGO (Centro de Mejoramiento Genético Ovino) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, en el kilómetro 12.5 Carretera Toluca-Atlacomulco, San Cayetano de Morelos, Toluca, Estado de México. C.P. 50295. Ubicado entre las coordenadas 19° 24´ latitud Norte y 99° 40´ longitud Oeste del Meridiano de Greenwich a una altitud de 2638 m.s.n.m., predominando el clima templado húmedo. Presenta una temperatura con un rango en el mes más frío de -3°C y de 18°C en el mes más cálido, con una media anual entre 12 y 18°C. Las lluvias se distribuyen en primavera y verano con una precipitación pluvial anual entre los 800 y 1000 mm, presentando heladas en un periodo de 80 a 140 días en la época fría (INAFED, 2010).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

9. LÍMITE DE TIEMPO

| | 21 de marzo de 2017 al 20 de marzo de 2018 | | | | |
|--------------------------|--|-------|---------|-------|-------|
| Actividad | | Enero | Febrero | Marzo | Abril |
| Recopilación de datos | | | | | |
| Escribir Protocolo | | | | | |
| Revisión de protocolo | | | | | |
| Edición de datos | | | | | |
| Análisis estadístico | | | | | |
| Resultados | | | | | |
| Redacción de tesis final | | | | | |

10. RESULTADOS

Actualmente se ha señalado que puede existir una mayor susceptibilidad del ganado a efectos negativos por altas o bajas temperaturas, fundamentalmente en aquellas actividades con mayor productividad y una crianza intensiva. En el presente estudio, se observó que en el tiempo registrado de la evaluación de las variables evaluadas de la calidad seminal, los efectos de temperatura (°C), humedad (%) e índice temperatura-humedad (ITH) con respecto a la época del año (primavera, verano, otoño e invierno) no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$); por lo anteriormente encontrado, todo indica que no existen importantes cambios de las principales condiciones climatológicas en la localidad, como puede observarse en el cuadro 1.

Cuadro 1. Estadística descriptiva (media, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV)) de la temperatura (°C), humedad (%) e índice temperatura-humedad (ITH) de acuerdo con la época del año.

| Época del año | Temperatura (°C) | | | Humedad (%) | | ITH | |
|---------------|------------------|------------------|--------|-------------------|--------|------------------|--------|
| | n | Media \pm D.E | CV (%) | Media \pm D.E | CV (%) | Media \pm D.E | CV (%) |
| Primavera | 207 | 17.02 \pm 2.17 | 12.74 | 72.91 \pm 11.83 | 16.22 | 60.51 \pm 1.69 | 2.79 |
| Verano | 230 | 16.36 \pm 1.10 | 6.72 | 81.66 \pm 8.00 | 9.8 | 60.06 \pm 0.85 | 1.41 |
| Otoño | 176 | 12.89 \pm 2.93 | 22.76 | 79.68 \pm 9.16 | 11.49 | 57.27 \pm 2.38 | 4.16 |
| Invierno | 168 | 12.71 \pm 2.92 | 22.99 | 77.69 \pm 8.79 | 11.31 | 57.10 \pm 2.31 | 4.04 |
| Promedio | 781 | 14.97 \pm 3.02 | 20.18 | 78.04 \pm 10.13 | 12.97 | 58.91 \pm 2.40 | 4.07 |
| Valor de P | | P>0.05 | | P>0.05 | | P>0.05 | |

En el Cuadro 2, se observa la estadística descriptiva de la calidad seminal de los carneros: volumen eyaculado, motilidad masal, motilidad individual, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática, encontrándose valores que coinciden con los parámetros que han sido presentado en otros estudios (Hafez, 1985; Evans y Maxwell 1987; Parraguez *et al.*, 2000).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

Cuadro 2. Estadística descriptiva global de la calidad seminal (volumen eyaculado, motilidad masal, motilidad individual, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática en carneros).

| Variable | Volumen Eyaculado (mL) | Motilidad masal (%) | Motilidad individual (%) | Espermatozoides vivos (%) | Concentración espermática (x 10 ⁶ /mL) |
|-------------|------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| Media ± D.E | 0.94 ± 0.38 | 3.91 ± 1.07 | 82.26 ± 19.28 | 84.12 ± 13.65 | 3,396.71 ± 1,858.85 |
| Max. – min | 2.0 - 0.1 | 5.0 - 0.5 | 100.0 - 10.0 | 100.0 - 5.0 | 8,394.8 -86.1 |
| Rango | 1.9 | 4.5 | 90 | 95 | 8,308.70 |
| CV | 40.38 | 27.31 | 23.44 | 16.22 | 54.73 |

10.1 Efecto de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad (ITH)

La variable de la temperatura no tuvo efecto significativo para el volumen de eyaculado, motilidad individual, porcentaje de espermatozoides vivos y la concentración espermática ($P>0.05$), solo para la motilidad masal se observó que cuando la temperatura ambiental se encontraba entre 5.7 y 8.9°C, así como de 18.8 a 22.0°C la motilidad masal fue menor (valor de 2.9, de acuerdo a la escala de Evans y Maxwell, 1987), en cambio, cuando la temperatura se registró entre 14.0 a 17.0°C se observó una mayor motilidad masal con valores promedio de 4.3 ($P<0.05$).

Con respecto a la humedad no tuvo efecto significativo para el volumen de eyaculado, motilidad masal e individual y la concentración espermática ($P>0.05$); mientras que para el porcentaje de espermatozoides vivos si existieron diferencias significativas ($P<0.05$) observándose que cuando se registraban valores menores a 68% de humedad, alcanzó un mayor porcentaje de espermatozoides vivos (90.1%) que cuándo se registró una humedad por encima de 69%, obteniéndose en promedio el 81% de espermatozoides vivos.

Para el caso del ITH, no se encontraron efectos significativos sobre todas las características de calidad seminal en el carnero analizadas en este estudio ($P>0.05$).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

10.2 Efecto época del año

Con respecto al efecto de la época del año sobre la calidad seminal en los carneros, los resultados encontrados indicaron que existieron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) para el volumen de eyaculado, motilidad masal, motilidad individual, espermatozoides vivos y concentración espermática, como puede observarse en el cuadro 3.

Cuadro 3. Efecto de la época del año sobre la calidad seminal en los carneros.

| Época | Volumen eyaculado (mL) \pm EE | Motilidad masal (%) | Motilidad individual (%) | Espermatozoides vivos (%) | Concentración espermática ($\times 10^6$ /mL) |
|------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| Primavera | 1.00 ± 0.03^a | 3.82 ± 0.07^b | 77.78 ± 1.33^b | 84.16 ± 0.93^b | $3,809.39 \pm 129.00^a$ |
| Verano | 0.98 ± 0.02^a | 4.17 ± 0.07^a | 85.32 ± 1.35^a | 82.54 ± 0.96^b | $3,218.27 \pm 131.61^{ab}$ |
| Otoño | 0.98 ± 0.03^a | 3.89 ± 0.08^{ab} | 84.36 ± 1.45^a | 81.57 ± 1.03^b | $3,371.63 \pm 150.44^b$ |
| Invierno | 0.78 ± 0.03^b | 3.73 ± 0.08^b | 82.01 ± 1.49^{ab} | 88.62 ± 1.05^a | $3,124.53 \pm 142.58^b$ |
| Valor de P | 0.0001 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0001 | 0.0014 |

a, b, c: Literales distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

En el Cuadro 3 se observa que en el volumen de eyaculado en la época de invierno se registraron los menores valores de volumen de eyaculado con respecto a las épocas primavera, verano y otoño ($P < 0.05$). También se observó que la motilidad masal fue mayor en verano ($P < 0.05$), con respecto a las épocas de primavera e invierno, sin mostrar diferencias estadísticas con la época de otoño ($P > 0.05$). Asimismo, en la época de primavera se observó un menor porcentaje de espermatozoides móviles, mostrando diferencias significativas con respecto a las épocas de verano y otoño ($P < 0.05$), sin mostrar diferencias significativas con la época de invierno ($P > 0.05$), mientras que el porcentaje de espermatozoides vivos mostró un aumento en la época de invierno con respecto a las estaciones de primavera, verano y otoño ($P < 0.05$). Para la concentración espermática se observó que en primavera fueron registrados las mayores concentraciones y fueron diferentes con respecto a las épocas de otoño e invierno ($P < 0.05$).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

10.3 Efecto temperatura

En mayor o menor intensidad, el clima es un importante moderador en la producción animal, ya que influye en su comportamiento en cualquiera de los sistemas de producción (Leyva y Morales, 2015). En el Cuadro 4 se observa el análisis del efecto temperatura sobre la calidad seminal del carnero, los resultados encontrados indicaron que existieron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) para el volumen de eyaculado, motilidad masal, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática.

Cuadro 4. Efecto de la temperatura sobre la calidad seminal en los carneros.

| Temperatura (°C) | n | Volumen eyaculado (mL) | Motilidad masal | Motilidad individual | Espermatozoides vivos (%) | Concentración espermática ($\times 10^6$ /mL) |
|------------------|-----|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|--|
| 5.7 - 7.3 | 12 | 0.85 ± 0.15^{ab} | 3.31 ± 0.38^{abc} | 80.63 ± 6.90 | 90.63 ± 4.72^a | 2797.1 ± 653.2^b |
| 7.4 - 9.0 | 22 | 0.64 ± 0.12^b | 2.88 ± 0.26^c | 74.62 ± 5.41 | 83.46 ± 3.70^{ab} | 2294.9 ± 512.4^b |
| 9.1 - 10.6 | 61 | 0.80 ± 0.05^{ab} | 3.44 ± 0.14^{bc} | 79.34 ± 2.61 | 85.66 ± 1.78^{ab} | 2897.3 ± 246.9^b |
| 10.7 - 12.3 | 66 | 0.91 ± 0.05^{ab} | 3.96 ± 0.13^{ab} | 83.42 ± 2.44 | 85.69 ± 1.67^{ab} | 3489.5 ± 230.9^{ab} |
| 12.4 - 13.9 | 59 | 0.87 ± 0.05^{ab} | 3.82 ± 0.14^{abc} | 79.83 ± 2.56 | 86.26 ± 1.75^{ab} | 3896.3 ± 242.6^a |
| 14.0 - 15.6 | 118 | 1.00 ± 0.04^{ab} | 4.17 ± 0.11^a | 85.44 ± 1.92 | 87.30 ± 1.32^{ab} | 3825.2 ± 182.0^a |
| 15.7 - 17.2 | 287 | 0.97 ± 0.02^{ab} | 4.01 ± 0.06^a | 83.20 ± 1.18 | 83.75 ± 0.81^{abc} | 3423.2 ± 111.8^{ab} |
| 17.3 - 18.8 | 109 | 0.95 ± 0.04^{ab} | 3.88 ± 0.11^{abc} | 81.97 ± 2.01 | 81.32 ± 1.38^{bc} | 3380.0 ± 190.5^{bc} |
| 18.9 - 20.5 | 30 | 1.01 ± 0.08^a | 3.70 ± 0.21^{abc} | 78.65 ± 3.83 | 81.62 ± 2.62^{bc} | 3710.2 ± 362.3^{bc} |
| 20.6 - 23.6 | 17 | 1.04 ± 0.08^a | 3.69 ± 0.21^{abc} | 74.71 ± 4.73 | 80.47 ± 3.24^c | 3512.4 ± 448.1^c |
| Valor de P | | 0.05 | 0.001 | 0.26 | 0.04 | 0.02 |

a, b, c: Literales distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

En el Cuadro 4, se observa que en el rango de temperatura entre 9.0 a 18.8 °C el volumen de eyaculado se mantiene entre 0.8 a 1.0 mL considerándose una medida apropiada y estable, sin en cambio cuando la temperatura desciende a un rango de 7.3 a 9.0 °C el volumen de eyaculado suele ser de 0.64 mL. Cuando la temperatura asciende a 18.9 a 23.6°C se puede observar que el valor del eyaculado se mejora siendo si una medida de 1.01 y 1.04 mL, posicionándose como la mejor obtención del volumen de eyaculado obtenida en el estudio.

En cuanto a la motilidad masal se puede observar que cuando la temperatura esta por 7.3 – 9.0°C la escala que se obtiene es menor, no siendo así cuando la temperatura va de 14.0 a 17.2°C donde se encontró una mejor motilidad masal, y

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

manteniéndose estable en temperaturas drásticas en esta variable siendo éstas mayores de 20.6°C y menores a 7.3°C.

El porcentaje de espermatozoides vivos muestra lo contrario a la motilidad masal y volumen de eyaculado, pues en valores realmente opuestas de 5.7 a 7.3°C aumentó la cantidad de espermatozoides vivos y a temperatura de 20.6°C a 23.6°C los espermatozoides vivos descendieron notablemente.

La concentración espermática registró solamente a temperatura entre 7.4 a 9.0°C una disminución con respecto a las demás temperaturas registradas en este trabajo ($P < 0.05$). Generalmente se obtuvo una buena concentración, siendo estables en temperaturas media (12.4 a 15.6°C) y alta (18.9 a 20.5°C), como se observa en el Cuadro 4.

10.4 Efecto humedad.

El agua impregnada en el aire, suele ser una expresión porcentual de la cantidad de vapor de agua en ambiente (Real Academia Española, 2017b): En el Cuadro 5 se presenta la humedad medida en este estudio con relación a la calidad espermática en carneros.

Cuadro 5. Efecto de la humedad sobre la calidad de semen de ovino.

| Humedad (%) | n | Volumen eyaculado (mL) | Motilidad masal | Motilidad individual | Espermatozoides vivos (%) | Concentración espermática ($\times 10^6$/mL) |
|--------------------|----------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|
| 32 – 50.3 | 13 | 1.10 \pm 0.11 | 4.00 \pm 0.32 | 78.75 \pm 5.67 | 87.33 \pm 3.85 | 3,662.8 \pm 535.6 |
| 50.4 – 56.4 | 12 | 1.05 \pm 0.12 | 4.30 \pm 0.35 | 86.00 \pm 6.21 | 82.50 \pm 4.22 | 4,206.0 \pm 586.7 |
| 56.5 – 62.5 | 50 | 0.99 \pm 0.06 | 4.03 \pm 0.16 | 81.22 \pm 2.80 | 84.67 \pm 1.90 | 4,081.6 \pm 265.1 |
| 62.6 – 68.6 | 71 | 0.92 \pm 0.05 | 3.95 \pm 0.14 | 81.85 \pm 2.43 | 82.63 \pm 1.65 | 3,394.1 \pm 230.1 |
| 68.7 – 74.7 | 135 | 0.85 \pm 0.04 | 4.00 \pm 0.10 | 81.86 \pm 1.87 | 88.11 \pm 1.27 | 3,290.1 \pm 176.9 |
| 74.8 – 80.8 | 205 | 0.92 \pm 0.03 | 3.75 \pm 0.08 | 81.57 \pm 1.43 | 83.23 \pm 0.97 | 3,294.2 \pm 135.0 |
| 80.9 – 86.9 | 134 | 0.97 \pm 0.04 | 3.94 \pm 0.10 | 83.17 \pm 1.79 | 82.46 \pm 1.22 | 3,436.2 \pm 169.4 |
| 87 – 93 | 141 | 0.96 \pm 0.03 | 3.96 \pm 0.09 | 82.98 \pm 1.68 | 84.51 \pm 1.14 | 3,183.4 \pm 158.5 |
| 93.1 – 99 | 20 | 1.08 \pm 0.09 | 3.73 \pm 0.24 | 84.25 \pm 4.39 | 89.85 \pm 2.98 | 3,829.4 \pm 41.9 |
| Valor de P | | 0.10 | 0.45 | 0.98 | 0.10 | 0.12 |

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

De acuerdo con los resultados el efecto de la humedad para todas la variables de calidad seminal en este estudio, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$).

10.5 Efecto índice temperatura-humedad (ITH)

A medida que la humedad relativa aumenta, los efectos de la temperatura ambiente se vuelven más drásticos y es necesario realizar un cálculo de impacto por estrés calórico (Yousef, 1984a). En el Cuadro 6 se muestran los resultados del efecto Índice temperatura-humedad, con relación a la calidad de semen obtenido de los carneros evaluados en este estudio.

Cuadro 6. Efecto del índice temperatura-humedad (ITH) sobre a la calidad seminal en el carnero.

| ITH | N | Volumen eyaculado (mL) | Motilidad masal | Motilidad individual | Espermatozoides vivos (%) | Concentración espermática ($\times 10^6$ /mL) |
|---------------|-----|------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--|
| 51.5 – 54.29 | 39 | 0.72 ± 0.08^b | 3.26 ± 0.22^b | 77.60 ± 3.97 | 87.68 ± 2.68^a | 2742.4 ± 369.4^b |
| 54.30 – 55.63 | 63 | 0.81 ± 0.05^b | 3.46 ± 1.40^b | 77.68 ± 2.54 | 84.66 ± 1.74^a | 3006.9 ± 240.5^b |
| 55.64 – 57.09 | 67 | 0.90 ± 0.05^{ab} | 3.92 ± 0.13^{ab} | 83.98 ± 2.42 | 86.37 ± 1.66^{ab} | 3367.6 ± 229.1^{ab} |
| 57.10 – 58.38 | 75 | 0.93 ± 0.05^{ab} | 3.92 ± 0.13^{ab} | 81.46 ± 2.30 | 86.49 ± 1.58^a | 3314.9 ± 218.7^{ab} |
| 58.39 – 59.89 | 198 | 0.99 ± 0.03^a | 4.05 ± 0.08^a | 83.31 ± 1.44 | 84.65 ± 0.99^a | 3734.7 ± 136.9^a |
| 59.90 – 61.21 | 250 | 0.96 ± 0.03^a | 3.99 ± 0.07^a | 82.69 ± 1.28 | 83.59 ± 0.88^a | 3213.2 ± 121.3^{ab} |
| 61.22 – 62.61 | 60 | 1.04 ± 0.05^a | 3.88 ± 0.15^{ab} | 85.87 ± 2.70 | 81.00 ± 1.86^b | 3898.3 ± 256.1^a |
| 62.62 – 65.80 | 29 | 1.01 ± 0.08^a | 3.94 ± 0.22^{ab} | 74.00 ± 3.90 | 81.80 ± 2.68^b | 3390.6 ± 369.4^{ab} |
| Valor de P | | 0.01 | 0.001 | 0.13 | 0.04 | 0.01 |

a, b, c: Literales distintas indican diferencias significativas ($P<0.05$).

En el Cuadro 6 se puede identificar que en el efecto del índice temperatura-humedad (ITH) existen diferencias significativas con respecto al volumen de eyaculado, motilidad masal, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática ($P<0.05$). No así en la variable de la motilidad individual ($P>0.05$).

En cuanto a un ITH con un rango de 51.5 a 55.6 se encuentra la menor cantidad de volumen de eyaculado, la menor escala de motilidad masal y la menor

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

concentración espermática. Siendo diferente de un ITH de 61.2 a 65.8 para un menor número de porcentaje de espermatozoides vivos y una mayor cantidad de volumen de eyaculado, resaltando que un ITH de 51.5 a 55.6 se encuentra una mayor cantidad de espermatozoides vivos.

11. DISCUSIÓN

La fertilidad del carnero es una variable de importancia, ya que contribuye a mejorar la productividad y por lo tanto mejora la eficiencia económica (reproductiva y productiva) de los rebaños. En el macho, el espermatozoide aporta 50% de la información genética de un individuo por lo cual los eventos físicos y fisiológicos son importantes (Arellano *et al.*, 2016).

En un estudio analizado en el 2007, se menciona que las variables de la calidad seminal de los carneros se alteran significativamente con índices de temperatura-humedad superiores a 80 (ITH>80), temperaturas máximas superiores a 30°C y humedades superiores a 50% (Vega *et al.*, 2007). En comparación a este estudio los índices de temperatura humedad de acuerdo a las temporadas del año no alcanzan niveles superiores a 80 como se puede observar en el Cuadro 1, en donde el índice superior es de 60.51 correspondiente a la primavera, la temperatura máxima es de 17°C siendo observada la estación de primavera nuevamente y la humedad máxima que se muestra en este estudio es de 81.66% superando con un 30%, el 50% que se menciona en el estudio “alteración de la calidad espermática en moruecos como consecuencia de la acción sinérgica de elevadas temperaturas y humedades relativas” (Vega *et al.*, 2007).

La calidad seminal en los carneros de este estudio (Cuadro 2), se encontraron valores correspondientes que coinciden con los parámetros que han sido presentado en otros estudios. La motilidad individual espermática del carnero va de 60 – 80 % dependiendo de la edad, del tamaño y de la raza (Hafez, 1985). El volumen de un eyaculado del carnero oscila entre 0.8 y 1.2 mL, con una concentración espermática aproximada de 1.5×10^9 (Parraguez *et al.*, 2000). Asimismo, Arellano *et al.* (2016) mencionan que obtuvieron 1.2 ± 0.1 mL con la raza Pelibuey en su estudio de factores ambientales que afectan la calidad seminal del carnero, resultados muy semejantes a los encontrados en nuestro estudio.

La valoración cuantitativa del movimiento de los espermatozoides en este estudio se determinó utilizando la escala de 0 a 5 de Evans y Maxwell (1987), encontrando en promedio el valor de 3.91, resultado que es semejante a lo registrado en otros

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

estudios. Castro *et al.* (2017) mencionan haber obtenido en motilidad masal un promedio de 4.28 en carneros de la raza Assaf y 4.06 con ovinos de la raza Black Belly en su estudio “Calidad del Semen Refrigerado de Carneros Assaf y Black Belly”, quizá la pequeña diferencia se deba a que se realizó este último estudio en una sola época del año.

De acuerdo con el efecto de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad (ITH), Karagiannidis *et al.* (2000) mencionan que el volumen de eyaculado al igual que la motilidad individual y concentración espermática fue menor ($P<0.05$) cuando se presentaba una humedad de 46.58% a 66.18%. Con una humedad de 53.05% a 75%, el porcentaje de espermatozoides vivos fue mayor (75%) en comparación con una humedad de 41.47% a 62.14% (69.3% de espermatozoides vivos).

Sin embargo, Vega *et al.* (2007) observaron que el porcentaje de espermatozoides vivos en relación con el $ITH>80$ se asocia con una reducción significativa ($P<0.5$) de la vitalidad espermática (68.3%), no siendo así con un $ITH<80$, ya que se muestra un porcentaje de espermatozoides vivos superior (73.3%).

Comparando efecto época del año sobre la calidad seminal en los carneros con lo que mencionan Kafi *et al.* (2004), el volumen de eyaculado de semen aumento significativamente durante el otoño ($P<0.01$), observándose una disminución significativa ($P<0.01$) desde primavera hasta verano. Las muestras de semen en otoño tuvieron una motilidad masal significativamente mayor en comparación con otras estaciones y el valor más bajo para la motilidad masal se registró en agosto perteneciente a la estación de verano, por lo que existe una diferencia entre este autor con respecto al resultado de este estudio, dado que en el Cuadro 3 se observa que el mayor volumen de semen se dio en primavera y la mejor escala en cuanto a motilidad masal se observa en verano, indicando que las estaciones en esta región no presentan altos cambios en las condiciones ambientales que afecten claramente sobre la calidad seminal en los carneros.

Karagiannidis *et al.* (2000) mencionan que la motilidad individual fue menor en verano con 4.8% y en otoño se observó un mayor porcentaje 4.34% de la misma

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

variable. De acuerdo con el Cuadro 3, la estación con menor motilidad individual fue registrada en primavera con 77.78% y en verano se encontró un mayor porcentaje (85.32%).

Borja menciona que en “El efecto de la estación del año sobre la calidad seminal del carnero” (2018: 35) hubo valores significativos ($P < 0.05$) para los espermatozoides vivos, obteniendo un alto porcentaje en la temporada de otoño (86.8%), siendo menor para primavera con un 81.7% sin encontrar diferencias para la concentración espermática ($P > 0.05$). A diferencia de Borja (2018) en el Cuadro 3 se puede observar que el mayor porcentaje de espermatozoides vivos se da en la época de invierno 88.6 %, menor para otoño con un 81.6%. En cuanto a la concentración espermática se puede mencionar que sí se obtuvieron valores significativos ($P < 0.05$) pues en invierno se encuentra un valor de $3.1 \times 10^9/\text{mL}$ siendo este el valor más bajo seguido de verano y otoño, mejorando en primavera con un valor de $3.8 \times 10^9/\text{mL}$.

Las altas temperaturas promedio de 25°C en relación con el aumento de la duración del día, producen una reducción en la calidad del semen (Kafi *et al.*, 2004). En el Cuadro 4 los valores de la temperatura, cuando son menores a 11°C , muestran diferencias significativas en ésta variable presentando valores por debajo del rango mínimo que debe eyacular normalmente un carnero (0.8 - 1.2 mL. Parraguez *et al.*, 2000). De igual manera, se ve afectada la motilidad masal y la concentración espermática cuando la temperatura se encuentra por debajo de 11°C , siendo valores significativos en este estudio ($P < 0.05$). La motilidad masal se encuentra con un 2.88 valorado con la escala de Evans y Maxwell (1987) y la concentración espermática con $2.2 \times 10^6/\text{mL}$., mientras tanto los espermatozoides vivos obtuvieron un porcentaje de 90% siendo el valor más alto también encontrado en temperaturas menores a 11°C (Cuadro 4), esto difiere con Kafi *et al.* (2004), ya que indica que las muestras de semen con una mayor producción de espermatozoides vivos tenían una tendencia a una motilidad masal más alta.

Se menciona en el estudio “Parámetros de calidad seminal y su relación con las variables medioambientales en ovinos bajo condiciones de trópico alto colombiano” que la humedad por arriba de 84% generó una disminución de la vitalidad del

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

espermatozoide con temperaturas superiores a 25°C, afectando la calidad seminal dificultando la termorregulación e incrementando la temperatura de la superficie escrotal (Lozano *et al.*, 2016). En el cuadro 5 con humedad superior a 32% y menor a 84% no se mostraron valores significativos en la calidad seminal del carnero ($P>0.05$).

Kafi *et al.* (2004) mencionan que cuando hay un índice temperatura-humedad (ITH) de 32.4 ± 2.1 hay una disminución en el volumen de eyaculado y una baja motilidad masal, considerando que en su estudio “Seasonal variation in semen characteristics, scrotal circumference and libido of Persian Karakul rams” el ITH en verano es el más alto registrado. El efecto del ITH de este estudio (Cuadro 6) muestra diferencias significativas ($P<0.05$) en la calidad seminal, en comparación con el de Kafi *et al.* (2004), donde el ITH siempre está por arriba de 3.4 siendo menor un valor de 51.5 y siendo mayor un valor a 65.80.

12. CONCLUSIONES

El efecto de la temperatura (°C), humedad (%) e índice temperatura humedad (ITH) con relación a la época del año y de los carneros, no presentaron diferencias significativas en cuanto a la calidad seminal, ya que en todas las temporadas del año mostraron semen con características viables para su uso en la inseminación artificial.

De acuerdo con las estaciones del año, en las diferentes razas de carneros se pudo observar que las épocas de verano y primavera se registraron los mejores valores en la calidad seminal, siendo contrario de otoño e invierno.

Se hace notar que los carneros del CeMeGO que se utilizaron durante la práctica muestran cierta irregularidad en cuanto a calidad seminal con respecto a su época reproductiva, ya que el fotoperiodo es un factor ambiental primario que regula el ciclo reproductivo de la oveja y del carnero. Esto debiera ocurrir durante la época de días cortos otoño-invierno, pero en este estudio no se denota ese comportamiento, ya que en la mayoría de las mediciones se vieron aumentadas en época de días largos primavera-verano, a lo que se puede mencionar que los carneros que alberga el CeMeGO, al ser manejados constantemente durante todo el año para la extracción del semen, el factor estacionalidad en aspectos climatológicos no tuvo un efecto claro que no afectara la calidad de semen en diferentes épocas del año.

13. SUGERENCIAS

Brindar seguimiento a este trabajo para ver si la estación (primavera, verano, otoño e invierno) de acuerdo con los cambios climáticos de la zona, pudiera generar alteraciones en la eficiencia reproductiva en especial en la calidad seminal del carnero (a nivel de espermatozoides), o bien si los carneros lograsen una adaptabilidad reproductiva al factor del cambio climático. Asimismo, considerar trabajos que estudien las condiciones climatológicas sobre sus efectos tanto en el equilibrio hormonal (fisiológicos) así como en las estructuras del aparato reproductor que afecten la calidad seminal del carnero.

14. LITERATURA CITADA.

Aisen EG. (2004): Recolección y evaluación del semen. En: Aisen EG, director. Reproducción Ovina y Caprina. 1ª ed., Inter-Medica, Buenos Aires.

Arellano LT, Cruz EF, Martínez A, Salazar OJ.2 y Gallegos SJ. (2016): Factores ambientales que afectan la calidad seminal del carnero. AGRO Productividad, 10(2):57-59.

Armstrong DV. (1994): Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 77:2044-2050.

Bohmanova J, Misztal and Colet JB. (2007): temperature-Humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. J. Dairy Sci. 90: 1947-1956.

Bligh J. (1963): Inhibition of thermal polypnoea in the closely shorn sheep, With 7 text-figures., 168: 764-781.

Borja JU. (2018): Efectos de la raza, época del año y circunferencia escrotal sobre la calidad seminal en carneros, Tesis de licenciatura, FMVZ, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Caravaca FP, Castel JM, Guzmán JL, Delgado M, Mena Y, Alcalde MJ, González P. (2003): Bases de la producción animal. 1ª ed., Sevilla, España.

Castro BJI, Chirinos PDM, Orellana CJA. (2017): Calidad del semen refrigerado de carneros Assaf y Blackbelly. Rev. Inv. Vet. Perú, 28(3): 764-770.

Chemineau P. (1992): Efectos de la carga térmica sobre la producción. Medio ambiente y reproducción animal. <http://www.fao.org/docrep/V1650T/v1650T04.htm>., (16 de diciembre de 2017).

Córdova A, Saltijeral J, Muñoz R, Córdova MS, Córdova CA y Guerra JE. (2006): Efecto del método de obtención de semen de ovino sobre la calidad espermática. REDVET, 7(8):1-4.

Cueto M, Gibbons A, Bruno MM, Fernández J. (2016): Manual de obtención, procesamiento y conservación del semen del ovino. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-manual_de_semen_ovino_2da_edicion.pdf., (26 de septiembre de 2017).

Daza A. (1997): Reproducción y Sistemas de Explotación del Ganado Ovino. Mundi Prensa. México.

Duran CA. (2001): Manual Práctico de Reproducción e Inseminación Artificial en Ovinos. Hemisferio Sur. Uruguay.

Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. (2012): Anatomía veterinaria. 4ª ed., Manual Moderno, México.

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

Evans G y Maxwell WMC. (1987): Salamon's artificial insemination of sheep and goats. Australia, Butterworths. 85-106.

Evans G y Maxwell WMC. (1990): Inseminación Artificial de Ovejas y Cabras. Acriba, España.

Folch J. (2000): Manejo del morueco. Producción Ovina y Caprina XXV: Mesa Redonda, Unidad de tecnología en producción animal. Servicio de investigación agroalimentaria, 727.50080 Zaragoza, España, 61-63.

Fuentes V. (2013): Análisis de los puntos críticos en la producción ovina de carne. Tercera parte. <https://www.engormix.com/ovinos/articulos/analisis-puntos-criticos-produccion-t30384.htm> (20 de febrero 2018).

Fuquay JW. (1981): Heat stress as is affects animal production. J. Anim. Sci. 52:164-174.

Gibbons A, Cueto M, Wolff M, Arrigo J, García J. (2004): Obtención, procesamiento y conservación del semen ovino, Comunicación técnica INTA, EEA, Bariloche, Chile. Pag.200.

Hafez E, Hafez B. (2002): Reproducción e Inseminación Artificial en Animales Domésticos 7ª ed., Interamericana-MacGraw Hill, 4-55.

Hafez ESE, Hafez B. (2000): Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7ª ed. McGraw Hill. México.

Hafez ESE. (1985): Reproducción e Inseminación Artificial en Animales 4ª ed., Interamericana, 501.

Hahn GL. (1999): Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J. Anim. Sci. 82 (suppl.2): 10-20.

Inafed (2010): enciclopedia de los municipios y delegaciones de México <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/index.html> (08 de mayo de 2018).

Kafi M, Safdarian M, Hashemi M. (2004): Seasonal variation in semen characteristics, scrotal circumference and libido of Persian Karakul rams, Small Ruminant Research, 53: 133-139.

Karagiannidis A, varsakeli S, Alexopoulos C, Amarantis I. (2000): Seasonal variation in semen Characteristics of Chios and Friesian rams in Greece, Small Ruminant Research, 37: 125-130.

König HE y Liebich HG. (2008): Anatomía de los Animales Domésticos: Texto y atlas de color, 2ª ed., Medica Panamericana, Madrid.

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

Leyva CJC y Morales PMI. (2015): Estrés por calor, en: Enfermedades de las cabras. 1, 1ª ed. Editado por Díaz AE, Tortora PJL, Palomares REG, Gutiérrez HJL., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México.

Lozano MH, Carbajal SM, Manrique PC y Grajales LHA. (2016): Parámetros de calidad seminal y su relación con las variables medioambientales en ovinos bajo condiciones de trópico alto colombiano, Actas iberoamericanas de conservación animal, 8: 55-56.

Macaldowie C, Eales A, Small J. (2004): Practical Lambing and Lamb Care. Blackwell Publishing. USA.

Mader TL, Holt SM, Hanh GL, Davis MS, Spiers DE. (2002). Feeding strategies for managing heta load in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 80, 2373-2382.

Madrid MB y Bohada E. (1993): Características de un buen reproductor bovino. Centro de investigaciones Agropecuarias del estado Zulia Maracaibo, FONAIAP Divulga, Venezuela, N°44.

Meléndez ML. (2014): Caracterización seminal de tres razas ovinas baleares, menorquín, mallorquín y rojo mallorquín, programa de máster en zootecnia y gestión sostenible. Universidad de Córdoba, 18-19.

Mount LE. (1974): The concept of thermal neutrality, in heat loss from animals and man, Monteith, J.L. and Mount L.E., Eds., Butterworths, London, 425.

Nunes JF. (2003): Curso Biotecnología del Semen Ovino. México, Puebla de los Ángeles.

Ortavant R y Loir M. (1978): The environment as a factor in reproduction in farm animals. 4th World Cong. of Anim Prod., Buenos Aires, 20-26 de abril, Vol. 1, 423-451.

Parraguez HV, Blank OMV, Muños CMV y Latorre EMV. (2000): Inseminación artificial en ovinos (Principales procedimientos para la IA en ovinos). https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_seccion/0,1419,SCID%253D18371%2526ISID%253D452,00.html (22 de Marzo de 2019).

Pérez y Pérez F. (1985): Reproducción Animal: Inseminación Artificial y Transplante de Embriones, Científico Medica, Barcelona, España.

Real Academia Española, Diccionario de la Lengua Española (DLE. RAE). (2017a): Temperatura, <http://dle.rae.es/?id=ZQ9rRqa> (04 de Julio 2018).

Real Academia Española, Diccionario de la Lengua Española (DLE. RAE). (2017b): Humedad, <http://dle.rae.es/?id=KoBWInL> (08 de Julio 2018).

Efectos de la temperatura, humedad e índice temperatura-humedad sobre la calidad seminal en carneros

Rivera S, Cardozo A. (1969): Efecto de la luz en la calidad del semen de carnero, Segundas Jornadas Agronomicas, La Paz Bolivia, 1-7.

Sánchez P, Ibancovich JA, Victoria JM. (2014): Etimologías médicas y farmacológicas de aplicación veterinaria. 1ª ed., B.M. Editores, México.

Tribulo H, Barth A, Brogliatti G. (2017): Evaluación de la aptitud reproductiva del toro. <http://www.fca.proed.unc.edu.ar/mod/book/view.php?id=5335&chapterid=893>, (26 de septiembre de 2017).

UNO (2008): FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA PRODUCTO OVINOS. Tecnologías para Ovinocultores, Serie: Reproducción: Preparación de los carneros al empadre, México. <http://www.uno.org.mx/sistema/pdf/reproduccion/preparaciondeloscarneros.pdf>

Vega S, Forcada F, Cebrián JA, Abecia JA, Muiño T, Palacín I. (2007): Alteración de la calidad espermática en moruecos como consecuencia de la acción sinérgica de elevadas temperaturas y humedades relativas, Sitio Argentino de Producción Animal, 8(1): 8-14.

WHO. World Health Organization (1992): Laboratory manual for the examination of human semen and sperm-cervical mucus interaction. 3ª ed., UK Cambridge, Cambridge.

Yousef MK. (1984a): Stress physiology: Definition and terminology. In stress physiology. Vol. 1. Basic principles. Ed. CRC Press, Boca Raton, FL. US., 3-7.

Yousef MK. (1984b): Thermoneutral zone. In Stress physiology. Vol. 1. Basic principles. Ed. CRC Press, Boca Raton, FL. US., 67-73.